Capítulo I

Introdução

I.1 A Rede Digital de Serviços Integrados - Faixa Larga

Os recentes avanços na tecnologia dos semicondutores (VLSI - *Very Large Scale Integration*) e o advento das fibras óticas nas redes de comunicação permitiram um aumento considerável da capacidade de transmissão e taxas de erros cada vez menores. Este acréscimo de desempenho estimulou a demanda por novos serviços com os mais diferentes, e por vezes até desconhecidos, requisitos de qualidade. A integração dos mais variados tipos de serviços resultou no interesse pelo desenvolvimento de uma rede única, universal e suficientemente flexível para prover todo tipo de serviço com garantias sobre a qualidade de serviço (QOS - *Quality of Service*).

A Rede Digital de Serviços Integrados - Faixa Larga (RDSI-FL) [Pry91, Wes93, Wes94] tem como objetivo ser uma rede de propósito geral que suporte serviços de tempo real, conversacionais, de distribuição, orientados a conexão, não orientados a conexão e que atenda uma ampla faixa de taxa de transmissão, com tráfegos de taxa constante ou variável. Esta rede tem como desafio não só atender às aplicações atuais como também aplicações futuras que ainda não foram projetadas. Conseqüentemente, a flexibilidade deve ser privilegiada para atender este imenso desafio.

Devido à crescente demanda por serviços integrados, compostos das mais variadas mídias (voz, dados assíncronos e vídeo), o modo de transferência adotado para a Rede Digital de Serviços Integrados - Faixa Larga deve ser ao mesmo tempo flexível e eficiente. A resposta

tecnológica a este desafio foi o uso do modo de transferência assíncrono (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*) que consiste basicamente na comutação de mini-pacotes de tamanho fixo (células) e funções simplificadas nos nós. A futura Rede Digital de Serviços Integrados em Faixa Larga usa esta técnica e deve prover suporte para diversas aplicações distribuídas.

Para se obter uma maior eficiência da RDSI-FL, surge o complexo desafio de disciplinar e regular o tráfego através da rede, evitando-se situações de congestionamento causadoras de perda de células e atrasos indesejáveis. A RDSI-FL deve atender de forma eficiente ao maior número possível de usuários e garantir a veiculação do tráfego contratado. Parâmetros de QOS como vazão, taxa de perda de células, atraso, variação do atraso, etc., devem ser definidos, monitorados e garantidos pela rede.

Nos últimos anos muito se caminhou, porém vários problemas restam em aberto a procura de uma solução satisfatória. O controle de tráfego da RDSI-FL é sem dúvida um dos problemas mais complexos a ser resolvido. A fim de garantir um bom desempenho da RDSI-FL é necessário um conjunto de mecanismos de controle de tráfego. Vários controles são previstos [ITU91] tais como: controle de admissão de conexão, controle de prioridade, controle de congestionamento e controle de parâmetros de utilização/rede.

O controle de admissão de conexão diz respeito a aceitação ou não de uma nova conexão pela rede. A decisão de aceitação é baseada na existência de recursos suficientes para satisfazer a qualidade de serviço requerida sem haver alteração da qualidade de serviço das conexões já existentes. Já o controle de prioridade refere-se às diferentes ações tomadas pela rede no processamento do fluxo de uma conexão que contém células de diferentes prioridades indicadas no cabeçalho através do *bit* prioridade de perda de célula. Enquanto que o controle de congestionamento lida com o estado dos elementos da rede de forma que uma sobrecarga de tráfego não altere a qualidade de serviço "contratada" pelas conexões já estabelecidas. O principal objetivo do controle de parâmetros utilização/rede é a proteção dos recursos da rede

contra tráfegos "mal comportados", intencionais ou não. Estes tráfegos são aqueles que violam os parâmetros negociados durante a fase de estabelecimento de conexão podendo inclusive alterar a qualidade de serviço de outras conexões. Os mecanismos que executam esta função também são conhecidos como mecanismos de policiamento.

I.2 Aplicações Multimídias

Redes de serviços integrados terão que suportar aplicações com diversas características de tráfego e diferentes necessidades de desempenho. Várias aplicações têm sido propostas e não há duvidas de que muitas outras vão surgir quando a RDSI-FL estiver implantada. Estas aplicações podem ser subdividas em duas classes: aquelas que têm requisitos de desempenho bastante restritivos em termos de banda passante, atraso, variação no atraso e taxa de perdas (ou erro), e aquelas aplicações convencionais que não possuem tais restrições (correio eletrônico, computação distribuída, etc.). O novo conjunto de aplicações distribuídas em redes, a ser suportado pelas futuras redes RDSI-FL, inclui aplicações multimídias interativas com vários participantes (vídeo-conferência ou conferência multimídia, telesseminário), visualização científica (reações nucleares, imagens de satélite), visualização médica e tele-diagnóstico, distribuição domiciliar de TV de alta definição (HDTV - *High Definition TeleVision*), vídeo-telefonia, tele-educação (vídeo-biblioteca, educação domiciliar distribuída), realidade virtual, trabalho cooperativo (CSCW - *Computer Supported Cooperative Work*), transferência de dados a alta velocidade e outras.

Dentre os novos serviços a serem providos pelas futuras redes de alto desempenho destacam-se, pelos seus fortes requisitos de qualidade de serviço, os conhecidos como serviços isócronos. A sua principal característica é a forte dependência temporal onde é permitida pouca ou nenhuma variação nos atrasos da comunicação, caso contrário sua qualidade seria insatisfatória.

Esta nova classe de aplicações tem a propriedade de requerer um sistema distribuído capaz de prover garantias sobre a qualidade de comunicação entre as aplicações. Aplicações multimídias, com seus fortes requisitos de alta velocidade e serviços de alta qualidade, têm estimulado o desenvolvimento de novas arquiteturas e protocolos de comunicação.

Um dos problemas mais importantes a ser resolvido é como prover às aplicações uma qualidade de serviço (QOS) garantida. Isto não requer somente grandes bandas passantes, baixos atrasos e baixa taxa de erro (ou perda), mas também limites superiores e inferiores garantidos para estes índices de desempenho. Além disso, existem dúvidas de como devem ser especificados os parâmetros de QOS [Par92, Fer90a, Kur93]. Existe, porém, um consenso de que a especificação destes requisitos de comunicação deve ser flexível o suficiente de forma a abranger ao máximo as necessidades das mais diversas aplicações.

Enquanto algumas aplicações, por exemplo, distribuição de vídeo, ainda que bastante exigentes em termos de banda passante, podem admitir alguma degradação na confiabilidade da entrega e nos atrasos na comunicação, outras, como vídeo-conferência e trabalho cooperativo (com caráter interativo) impõem fortes restrições na qualidade de serviço geral.

I.3 Motivação

Nos últimos dez anos o Grupo de Teleinformática e Automação (GTA) da UFRJ desenvolveu uma arquitetura de implementação de alto desempenho para o desenvolvimento de sistemas de comunicação OSI (*Open Systems Interconnection*), doravante chamada de Arquitetura de Implementação GTA/OSI. Foram implementados diversos protocolos do Modelo OSI baseados nesta arquitetura, conforme ilustrado na Figura I.1.

Com o avanço tecnológico e a demanda de novas aplicações, surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos protocolos apropriados para altas velocidades, sistemas de comunicação com mecanismos de controle de tráfego de alto desempenho, com mecanismos

para garantia de qualidade de serviço das aplicações, mecanismos para sincronização inter e intramídia, etc.

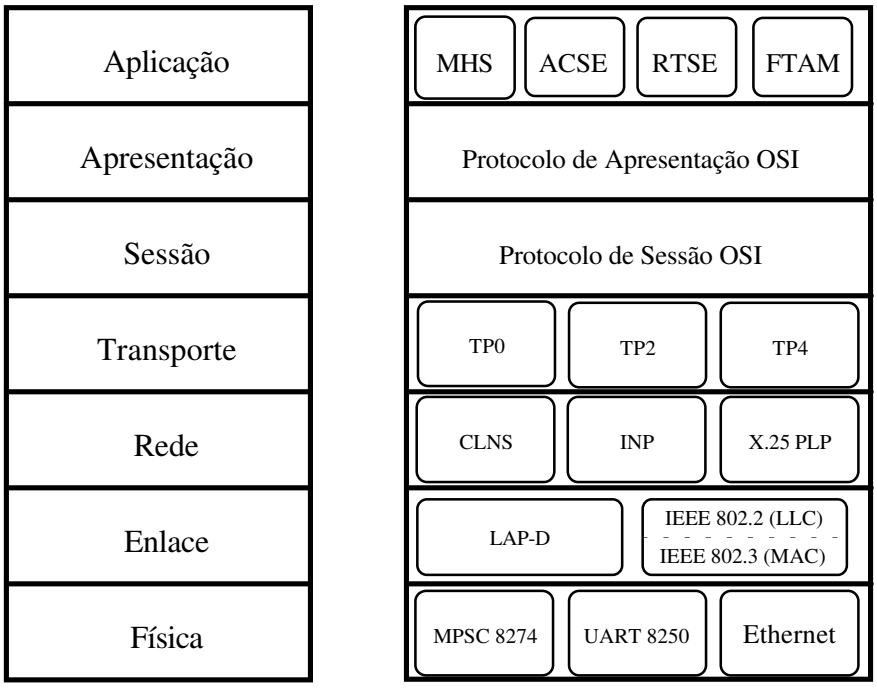

Figura I.1: Protocolos implementados na Arquitetura GTA/OSI.

A experiência do GTA na implementação de protocolos convencionais, motivou o desenvolvimento de uma arquitetura de implementação de alto desempenho para sistemas de comunicação multimídia, denominada neste trabalho de Arquitetura de Implementação GTA/MM.

Este trabalho se concentrou no estudo de mecanismos para garantia de QOS, na proposta da arquitetura GTA/MM e na implementação do núcleo principal da arquitetura. Visando a implementação de mecanismos para garantia de QOS, foram desenvolvidos módulos de escalonamento de pacotes com prioridades, de gerenciamento de memória otimizado para o processamento de blocos de dados de tamanho fixo, de gerenciamento de temporizações que manipula temporizadores auto-disparáveis. Além disso foi otimizada a interface entre camadas e entre módulos do sistema de comunicação. Nesta arquitetura foram implementados vários

mecanismos para garantia de QOS, conforme descrito no capítulo V. Não foram abordados neste trabalho o desenvolvimento de uma API (*Application Program Interface*) multimídia, a implementação de protocolos de comunicação de alta velocidade e a implementação de módulos de sincronização inter e intramídias. Estes tópicos são temas de pesquisa de outras teses de mestrado em desenvolvimento no GTA.

Esta tese está organizada em seis capítulos. O capítulo II aborda a especificação dos requisitos de QOS e as formas de interação usuário-rede, descrevendo brevemente a política adotada por alguns protocolos propostos na literatura. O capítulo III apresenta, analisa e compara diversos mecanismos para garantia de QOS e propõe um mecanismo de policiamento baseado em janela denominado Janela Móvel Particionada. O capítulo IV propõe um ambiente de desenvolvimento que possui uma arquitetura de implementação que privilegia o desempenho e possui funcionalidades apropriadas para sistemas de comunicação multimídia, como módulos de sincronização e para garantia de QOS. O capítulo V propõe modelos para a implementação de diversos mecanismos para garantia de QOS e apresenta resultados numéricos obtidos na implementação e na simulação de alguns mecanismos. Finalmente no capítulo VI as conclusões são apresentadas.